

Е. С. Желтухина, М. В. Павлова

Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань

elizavetazheltukhina@ya.ru

М. Г. Зиганшин

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

mjihan@mail.ru

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ТОПКАХ НАСТЕННОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛОВ

Использование математического моделирования дает возможность полноценного изучения сжигания природного газа и других видов топлива в котлоагрегатах с топками самой различной геометрии. При этом для дальнейшего сопоставления получаемых теплотехнических характеристик и другой информации необходимо обеспечить достаточно достоверное моделирование объекта исследования. В работе проанализированы результаты численного исследования сжигания пылевидного угля в топке энергетического котла ТП-14А и метана в топке настенного котла Vitocrossal 200 VIESSMANN.

Ключевые слова: энергоэффективность; экологичность; тепловая энергия; котел; горение; метан; моделирование; визуализация.

E. S. Zheltukhina, M. V. Pavlova

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

M. G. Ziganshin

Kazan State Energy University, Kazan

NUMERICAL STUDIES OF FUEL BURNING IN WALL AND ENERGY BOILERS

Using mathematical modeling gives a possibility for deep studying the burning of natural gas and other types of fuel in boilers with furnaces of various geometries.

In this case, for further comparison of the obtained thermal characteristics and other information, it is necessary to provide fairly reliable modeling of the object of study. The paper analyzes the results of a numerical study of the combustion of pulverized coal in the furnace of the TP-14A energy boiler and methane in the furnace of the Vitocrossal 200 VIESSMANN wall-mounted boiler.

Keywords: energy efficiency; ecological compatibility; thermal energy; a boiler; burning; methane; modeling; visualization.

Необходимость использовать топливо экологически и энергетически эффективно – один из наиболее жестких вызовов устойчивому развитию в связи с возможностью глобальных изменений климата.

В сфере генерации тепла для обогрева промышленных, коммунально-бытовых и жилых объектов проблема в равной степени затрагивает и централизованную выработку в энергетических котлах [1], и децентрализованную в котлах средней и малой производительности, включая мелкие настенные аппараты. В соответствии с документами Парижского соглашения (2015 г.) по климату [2] около трети вырабатываемой на планете энергии затрачивается на энергоснабжение зданий.

В данной работе представлены результаты численных исследований методами вычислительной гидродинамики (ПО ANSYS Fluent) [3] характеристик сжигания природного газа в топках энергетического котла ТП-14А производительностью по пару 220 т/ч и настенного котла Vitocrossal 200 VIESSMANN теплопроизводительностью 400 кВт.

Упрощенные 3D-геометрии топочных камер котлов Vitocrossal 200 и ТП-14А со сгенерированными сетками, созданные в препроцессоре Gambit, представлены на рис. 1. Построение сетки выполнялось в соответствии с рекомендациями [4].

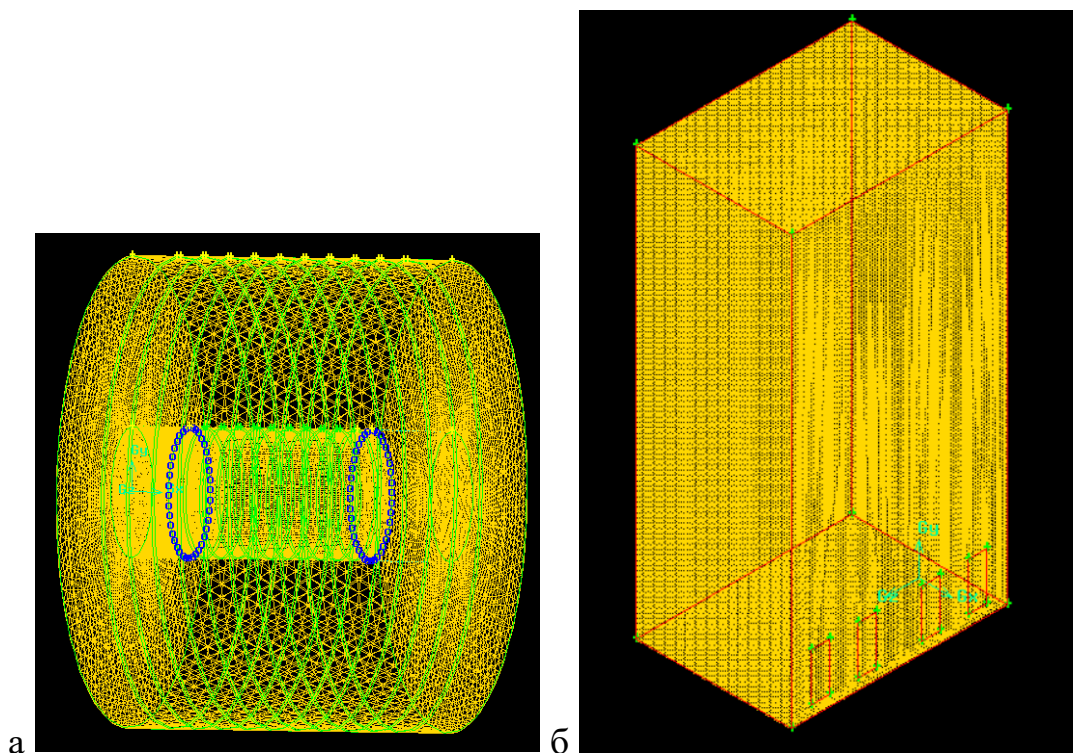


Рис. 1. Расчетные модели топочной камеры котлов Vitocrossal 200 ТП-14А

Перенесенные в процессор Ansys Fluent расчетные модели проверялись на корректность генерации сетки.

Расчеты горения в топке Vitocrossal 200 производились по модели Species Transport («переноса компонентов»), позволяющей моделировать смешивание и транспортировку веществ с учетом химических уравнений. Рассматривалось одностадийное горение метана с воздухом (загружался материал Methane – Air). При задании входных граничных условий на тепловоспринимающих стенках котла принимались: тип зоны – Wall (стенка), температура $T = 353$ К. В зоне выхода дымовых отработавших газов устанавливали условие Pressure Outlet.

Для топки котла ТП-14А была выбрана Композиционная транспортная модель с функцией плотности вероятностей PDF (Composition PDF Transport). Рассматривалось горение пылеугольной смеси с воздухом (загружался материал Coal – Volatiles – Air, т. е. уголь – летучие компоненты – воздух). Для стенок котла поставлено условие Wall и во вкладке Thermal задана температура поверхности 473 К. Граничные условия пылеугольного потока на входе в горелки

задана условием Velocity Inlet (скорость на входе) со значением 0,00042 м/с. Входная температура потока 430 К. Для граничных условий выходного сечения задано условие Pressure Outlet (давление на выходе).

После установки схемы численного решения и настройки визуализации хода решения производили инициализацию и приступали к итерационному процессу. На рис. 2, 3 представлены, в качестве примера, отдельные результаты численных исследований, полученные после адаптации сетки до устранения сеточной зависимости. Полученные в результате расчетов поля концентраций компонентов, температур, скоростей, давлений в топках исследованных котлов скоростей позволяют говорить об отсутствии физической неадекватности в расчетах.

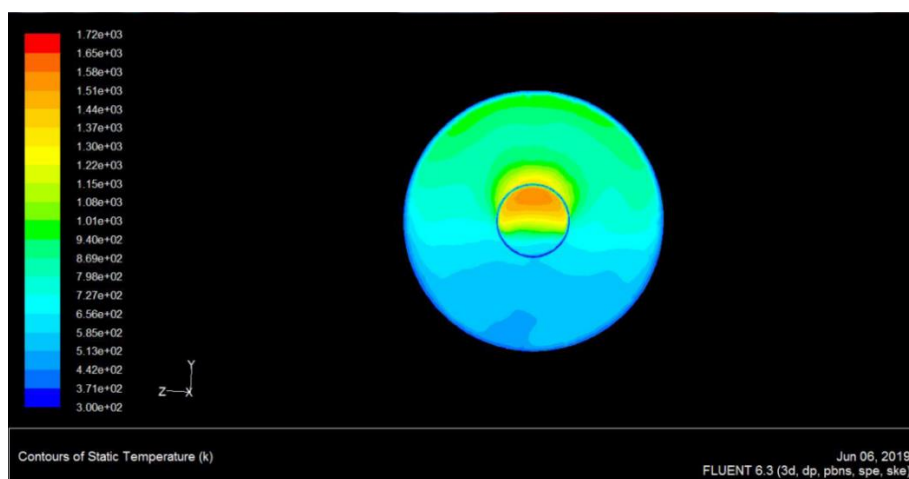


Рис. 3. Результаты итерации в программе FLUENT. Изменение температуры в топке котла Vitocrossal 200

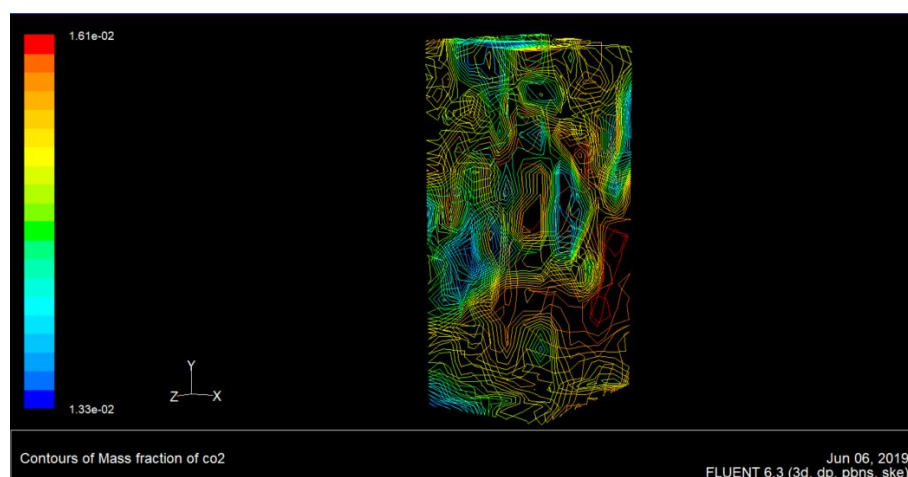


Рис. 4. Распределение концентрации CO₂ в топке котла ТП-14А

Полученные результаты дают возможность наглядного определения зависимости параметров топочных процессов от конструктивных особенностей топок. Физическая адекватность представленных способов численных исследований позволяет использовать их для сравнительного анализа степени совершенства конструкций различных теплогенераторов, в том числе – в целях повышения энергоэффективности обогрева зданий и сооружений.

Список использованных источников

1. Зиганшин М. Г., Колесник А. А., Зиганшин А. М. Проектирование аппаратов пылегазоочистки : учебное пособие. СПб. : Лань, 2014. 535 с.
2. United Nations Framework Convention on Climate Change FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Adoption of the Paris Agreement. Conference of the Parties. 31 Session. Paris, 30 November to 11 December 2015. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf> (дата обращения: 20.11.2019)
3. Гиль А. В., Старченко А. В., Заворин А. С. Применение численного моделирования топочных процессов для практики перевода котлов на непроектное топливо : монография. Томск : STT, 2011. 184 с.
4. Вычислительная гидродинамика. Построение расчетных сеток в препроцессоре Gambit : методическое пособие / А. М. Зиганшин. Казань : КазГАСУ, 2010. 34 с.